

(11)特許出願公開番号

特開2001-186023

(P2001-186023A)

(43)公開日 平成13年7月6日(2001.7.6)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テーマコード・(参考)

H O 3 M 13/29

H 0 3 M 13/29

**5 J 0 6 5**

13/13

13/13

5 K 0 5 1

13/15

13/15

H0 4M 7/00

H0 4M 7/00

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 16 頁)

(21)出願番号

特願平11-370315

(22) 出願日

平成11年12月27日(1999.12.27)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 松本 渉

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72)発明者 宮田 好邦

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100089118

弁理士 酒井 宏明

[最終頁に続く](#)

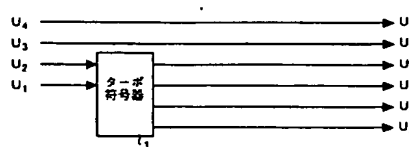
(54) 【発明の名称】 通信装置および通信方法

(57) 【要約】

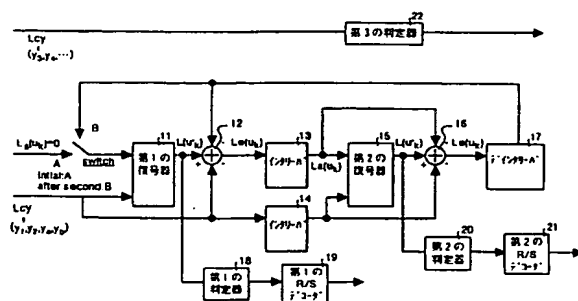
【課題】 多値化に伴ってコンスタレーションが増大するような場合においても、計算量の削減と良好な伝送特性とを実現し、さらに、伝送路の状態が良好な場合における演算量およびその演算処理時間の大幅な削減を実現可能な通信装置を得ること。

【解決手段】 送信データの低位2ビットに対してターボ符号化を行うことにより、2ビットの情報ビットと、各情報ビットに対する誤り訂正能力を均一にした2ビットの冗長ビットと、を出力するターボ符号器1と、特性劣化の可能性がある受信信号の低位2ビットに対して軟判定処理を行い、さらに、リードソロモン符号による誤り訂正を行うことで、前記低位2ビットの情報ビットを推定するターボ復号器（第1の復号器11、第2の復号器15等）と、受信信号におけるその他のビットに対して硬判定処理を行うことにより、その他の上位ビットを推定する第3の判定器22を備える。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 誤り訂正符号として、ターボ符号を採用する通信装置において、

送信データにおける下位 2 ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記 2 ビットの情報ビット系列と、前記 2 ビットの情報ビット系列を入力とする第 1 の畳込み符号器に生成される第 1 の冗長ビット系列と、インターリーブ処理後の各情報ビット系列を入れ替えて入力する第 2 の畳込み符号器に生成される第 2 の冗長ビット系列と、を出力するターボ符号化手段と、

受信信号から、2 ビットの情報ビット系列と第 1 の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられる確率情報（ない場合も含む）と、を用いて、推定される情報ビットの確率情報を算出する第 1 の復号手段と、

さらに、前記 2 ビットの情報ビット系列と第 2 の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、前記第 1 の復号手段からの確率情報と、を用いて、再度、推定情報ビットの確率情報を算出し、さらに、その結果を前記事前情報として前記第 1 の復号手段に通知する第 2 の復号手段と、

繰り返し実行される、前記第 1 および第 2 の復号手段による確率情報の算出処理結果に基づいて、その都度、もとの下位 2 ビットの情報ビット系列を推定する第 1 の推定手段と、

前記推定された情報ビット系列に対して誤り訂正符号を用いたエラーチェックを行い、その推定精度が所定の基準を超えたと判断された段階で、前記繰り返し処理を終了させ、同時に、誤り訂正符号を用いて、前記推定されたもとの下位 2 ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行う誤り訂正手段と、

前記受信信号における他の上位ビットを硬判定することにより、もとの上位ビットの情報ビット系列を推定する第 2 の推定手段と、

を備えることを特徴とする通信装置。

【請求項 2】 誤り訂正符号として、ターボ符号を採用する受信機として動作する通信装置において、

受信信号から、2 ビットの情報ビット系列と第 1 の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられる確率情報（ない場合も含む）と、を用いて、推定される情報ビットの確率情報を算出する第 1 の復号手段と、

さらに、前記 2 ビットの情報ビット系列と第 2 の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、前記第 1 の復号手段からの確率情報と、を用いて、再度、推定情報ビットの確率情報を算出し、さらに、その結果を前記事前情報として前記第 1 の復号手段に通知する第 2 の復号手段と、

繰り返し実行される、前記第 1 および第 2 の復号手段による確率情報の算出処理結果に基づいて、その都度、も

との下位 2 ビットの情報ビット系列を推定する第 1 の推定手段と、

前記推定された情報ビット系列に対して誤り訂正符号を用いたエラーチェックを行い、その推定精度が所定の基準を超えたと判断された段階で、前記繰り返し処理を終了させ、同時に、誤り訂正符号を用いて、前記推定されたもとの下位 2 ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行う誤り訂正手段と、

前記受信信号における他の上位ビットを硬判定することにより、もとの上位ビットの情報ビット系列を推定する第 2 の推定手段と、

を備えることを特徴とする通信装置。

【請求項 3】 前記誤り訂正手段にあつては、

前記下位 2 ビットの情報ビット系列が推定される毎にエラーチェックを行い、推定された情報ビット系列に「エラーがない」と判断した段階で、前記繰り返し処理を終了させることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信装置。

【請求項 4】 前記誤り訂正手段にあつては、

前記下位 2 ビットの情報ビット系列が推定される毎にエラーチェックを行い、前記第 1 の復号手段からの確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、前記第 2 の復号手段からの確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、の両方に「エラーがない」と判断した段階で、前記繰り返し処理を終了させることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信装置。

【請求項 5】 前記誤り訂正手段にあつては、

予め決めておいた所定回数分だけ前記繰り返し処理を実行し、ビット誤り率を低減しておいてから、誤り訂正符号を用いて前記推定されたもとの下位 2 ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信装置。

【請求項 6】 誤り訂正符号として、ターボ符号を採用する送信機として動作する通信装置において、

送信データにおける下位 2 ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記 2 ビットの情報ビット系列と、前記 2 ビットの情報ビット系列を入力とする第 1 の畳込み符号器に生成される第 1 の冗長ビット系列と、インターリーブ処理後の各情報ビット系列を入れ替えて入力する第 2 の畳込み符号器に生成される第 2 の冗長ビット系列と、を出力するターボ符号化手段、を備えることを特徴とする通信装置。

【請求項 7】 誤り訂正符号として、ターボ符号を採用した通信方法において、

送信データにおける下位 2 ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記 2 ビットの情報ビット系列と、前記 2 ビットの情報ビット系列を入力とする第 1 の畳込み符号器に生成される第 1 の冗長ビット系列と、インターリーブ処理後の各情報ビット系列を入れ替えて入力する第 2 の畳込み符号器に生成される第 2 の冗長ビット系

列と、を出力するターボ符号化ステップと、  
受信信号から、前記2ビットの情報ビット系列と前記第1の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられる確率情報（ない場合も含む）と、を用いて、推定される情報ビットの確率情報を算出する第1の復号ステップと、

さらに、前記2ビットの情報ビット系列と前記第2の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、前記第1の復号手段からの確率情報と、を用いて、再度、推定情報ビットの確率情報を算出し、さらに、その結果を前記事前情報として前記第1の復号ステップに対してフィードバックする第2の復号ステップと、

繰り返し実行される、前記第1および第2の復号ステップにおける確率情報の算出処理結果に基づいて、その都度、もとの下位2ビットの情報ビット系列を推定する第1の推定ステップと、

前記推定された情報ビット系列に対して誤り訂正符号を用いたエラーチェックを行い、その推定精度が所定の基準を超えたと判断された段階で、前記繰り返し処理を終了させ、同時に、誤り訂正符号を用いて、前記推定されたもとの下位2ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行う誤り訂正ステップと、

前記受信信号における他の上位ビットを硬判定することにより、もとの上位ビットの情報ビット系列を推定する第2の推定ステップと、

を含むことを特徴とする通信方法。

【請求項8】 前記誤り訂正ステップにあつては、前記下位2ビットの情報ビット系列が推定される毎にエラーチェックを行い、推定された情報ビット系列に「エラーがない」と判断した段階で、前記繰り返し処理を終了させることを特徴とする請求項7に記載の通信方法。

【請求項9】 前記誤り訂正ステップにあつては、前記下位2ビットの情報ビット系列が推定される毎にエラーチェックを行い、前記第1の復号ステップによる確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、前記第2の復号ステップによる確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、の両方に「エラーがない」と判断した段階で、前記繰り返し処理を終了させることを特徴とする請求項7に記載の通信方法。

【請求項10】 前記誤り訂正ステップにあつては、予め決めておいた所定回数分だけ前記繰り返し処理を実行し、ビット誤り率を低減しておいてから、誤り訂正符号を用いて前記推定されたもとの下位2ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行うことを特徴とする請求項7に記載の通信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、マルチキャリア変復調方式を採用する通信装置および通信方法に関するものであり、特に、DMT (Discrete Multi Tone) 変復

調方式やOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 変復調方式等により、既存の通信回線を用いたデータ通信を実現可能とする通信装置、および通信方法に関するものである。ただし、本発明は、DMT変復調方式によりデータ通信を行う通信装置に限らず、通常の通信回線を介して、マルチキャリア変復調方式およびシングルキャリア変復調方式により有線通信および無線通信を行うすべての通信装置に適用可能である。

【0002】

10 【従来の技術】 以下、従来の通信方法について説明する。たとえば、SS (Spread Spectrum) 方式を用いた広帯域CDMA (W-CDMA : Code Division Multiple Access) においては、畳込み符号の性能を大きく上回る誤り訂正符号として、ターボ符号が提案されている。このターボ符号は、情報系列にインタリーブを施した系列を既知の符号化系列と並列に符号化するもので、シャノン限界に近い特性が得られると言われており、現在最も注目されている誤り訂正符号の1つである。上記W-CDMAにおいては、誤り訂正符号の性能が、音声伝送やデータ伝送における伝送特性を大きく左右するため、ターボ符号の適用により伝送特性を大幅に向上させることができる。

【0003】 ここで、上記ターボ符号を用いた従来の通信装置の送信系および受信系の動作を具体的に説明する。図6は、送信系において使用されるターボ符号器の構成を示す図である。図6(a)において、101は情報系列を畳込み符号化して冗長ビットを出力する第1の再帰的組織畳込み符号化器であり、102はインタリーブであり、103はインタリーブ102により入れ替え後の情報系列を畳込み符号化して冗長ビットを出力する第2の再帰的組織畳込み符号化器である。図6(b)は、第1の再帰的組織畳込み符号化器101および第2の再帰的組織畳込み符号化器103の内部構成を示す図であり、2つの再帰的組織畳込み符号化器は、それぞれ冗長ビットのみを出力する符号化器である。また、上記ターボ符号器で用いられるインタリーブ102では、情報ビット系列をランダムに入れ替える処理を行う。

【0004】 上記のように構成されるターボ符号器では、同時に、情報ビット系列： $x_1$ と、第1の再帰的組織畳込み符号化器101の処理により前記情報ビット系列を符号化した冗長ビット系列： $x_2$ と、第2の再帰的組織畳込み符号化器103の処理によりインタリーブ処理後の情報ビット系列を符号化した冗長ビット系列： $x_3$ と、を出力する。

【0005】 図7は、受信系において使用されるターボ復号器の構成を示す図である。図7において、111は受信信号： $y_1$ と受信信号： $y_2$ とから対数尤度比を算出する第1の復号器であり、112および116は加算器であり、113および114はインタリーブであり、115は受信信号： $y_1$ と受信信号： $y_3$ とから対数尤度比

を算出する第2の復号器であり、117はデインタリーバであり、118は第2の復号器115の出力を判定して元の情報ビット系列の推定値を出力する判定器である。なお、受信信号： $y_1, y_2, y_3$ は、それぞれ前記情報ビット系列： $x_1$ 、冗長ビット系列： $x_2, x_3$ に伝送路のノイズやフェージングの影響を与えた信号である。

【0006】上記のように構成されるターボ復号器では、まず、第1の復号器111が、受信信号： $y_{1k}$ と受信信号： $y_{2k}$ から推定される推定情報ビット： $x_{1k}'$ の対数尤度比： $L(x_{1k}')$ を算出する( $k$ は時刻を表す)。このとき、対数尤度比： $L(x_{1k}')$ は、以下のように表すことができる。

【数1】

$$L(x_{1k}') = y_{1k} + La(x_{1k}) + Le(x_{1k})$$

$$= L_n \frac{\Pr(x_{1k}=1|Y)}{\Pr(x_{1k}=0|Y)} \dots\dots (1)$$

\*

$$Le(x_{1k}) = L(x_{1k}') - y_{1k} - La(x_{1k}) \dots\dots (2)$$

ただし、1回目の復号においては、事前情報が求められていないため、 $La(x_{1k}) = 0$ である。

【0008】つぎに、インタリーバ113および114では、受信信号： $y_{1k}$ と外部情報： $Le(x_{1k})$ を、受信信号： $y_3$ の時刻にあわせるために、信号の並べ替えを行う。そして、第2の復号器115では、第1の復号器111と同様に、受信信号： $y_1$ と受信信号： $y_3$ 、および先に算出しておいた外部情報： $Le(x_{1k})$ に基づいて、対数尤度比： $L(x_{1k}')$ を算出する。その後、加算器116では、加算器112と同様に、(2)式を用いて、外部情報： $Le(x_{1k})$ を算出する。このとき、デインタリーバ117にて並べ替えられた外部情報は、事前情報： $La(x_{1k})$ として前記第1の復号器111にフィードバックされる。

【0009】最後に、ターボ復号器では、上記処理を、所定の回数にわたって繰り返し実行することで、より精度の高い対数尤度比を算出し、そして、判定器118が、この対数尤度比に基づいて判定を行い、もとの情報ビット系列を推定する。具体的にいうと、たとえば、対数尤度比が“ $L(x_{1k}') > 0$ ”であれば、推定情報ビット： $x_{1k}'$ を1と判定し、“ $L(x_{1k}') \leq 0$ ”であれば、推定情報ビット： $x_{1k}'$ を0と判定する。

【0010】このように、従来の通信方法においては、誤り訂正符号として、ターボ符号を適用することにより、変調方式の多値化に応じて信号点間距離が近くなるような場合においても、音声伝送やデータ伝送における伝送特性を大幅に向上させることが可能となり、既知の畳込み符号よりも優れた特性を得ていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記、

\*なお、 $Le(x_{1k})$ は外部情報を表し、 $La(x_{1k})$ は1つ前の外部情報である事前情報を表し、 $\Pr(x_{1k}=1|Y)$ は、受信信号の全系列 $\{Y\}$ を受け取った条件で、実際に送信された情報ビット： $x_{1k}$ が1である確率を表し、 $\Pr(x_{1k}=0|Y)$ は、全系列 $\{Y\}$ を受け取った条件で、実際に送信された情報ビット： $x_{1k}$ が0である確率を表す。すなわち、(1)式では、情報ビット： $x_{1k}$ が0である確率に対する情報ビット： $x_{1k}$ が1である確率を求めることとなる。

【0007】つぎに、加算器112では、前記算出結果である対数尤度比から、第2の復号器115に対する外部情報を算出する。外部情報： $Le(x_{1k})$ は、上記(1)式に基づいて、以下のように表すことができる。

従来の通信方法においては、高精度な誤り訂正を行うために、送信側にて、すべての情報系列に対してターボ符号化を実施し、さらに、受信側にて、符号化されたすべての信号を復号し、その後、軟判定を行っている。具体的にいうと、たとえば、16QAMであれば4ビットのすべてのデータ(0000~1111:4ビットコンスタレーション)に対して、256QAMであれば8ビットのすべてのデータに対して、判定を行うことになる。したがって、上記のように、すべてのデータの判定を行う従来の通信方法を実施した場合、通信装置では、多値化に応じて符号器および復号器の計算量が増大する、という問題があった。

【0012】また、上記、従来の通信方法においては、ノイズによる影響を受けている状態、または受けていない状態、すなわち、伝送路の状態にかかわらず、繰り返し演算による復調を行っているため、伝送路の状態が良好な場合においても、悪い場合に同一の演算量および遅延量になってしまう、という問題があった。

【0013】本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、マルチキャリア変復調方式およびシングルキャリア変復調方式を用いたすべての通信に適用可能とし、多値化に伴ってコンスタレーションが増大するような場合においても、計算量の削減と良好な伝送特性とを実現し、さらに、伝送路の状態が良好な場合における演算量およびその演算処理時間の大幅な削減を実現可能な通信装置、および通信方法を得ることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる通信装置においては、誤り訂正符号として、ターボ符号を採用し、さら

に、送信データにおける下位2ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記2ビットの情報ビット系列と、前記2ビットの情報ビット系列を入力とする第1の畳込み符号器に生成される第1の冗長ビット系列と、インタリーブ処理後の各情報ビット系列を入れ替えて入力する第2の畳込み符号器に生成される第2の冗長ビット系列と、を出力するターボ符号化手段（後述する実施の形態のターボ符号器1に相当）と、受信信号から、2ビットの情報ビット系列と第1の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられる確率情報（ない場合も含む）と、を用いて、推定される情報ビットの確率情報を算出する第1の復号手段（第1の復号器11、加算器12、インタリーブ13、14に相当）と、さらに、前記2ビットの情報ビット系列と第2の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、前記第1の復号手段からの確率情報と、を用いて、再度、推定情報ビットの確率情報を算出し、さらに、その結果を前記事前情報として前記第1の復号手段に通知する第2の復号手段（第2の復号器15、加算器16、デインタリーブ17に相当）と、繰り返し実行される、前記第1および第2の復号手段による確率情報の算出処理結果に基づいて、その都度、もとの下位2ビットの情報ビット系列を推定する第1の推定手段（第1の判定器18、第2の判定器20に相当）と、前記推定された情報ビット系列に対して誤り訂正符号を用いたエラーチェックを行い、その推定精度が所定の基準を超えたと判断された段階で、前記繰り返し処理を終了させ、同時に、誤り訂正符号を用いて、前記推定されたもとの下位2ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行う誤り訂正手段（第1のR/Sデコーダ19、第2のR/Sデコーダ21に相当）と、前記受信信号における他の上位ビットを硬判定することにより、もとの上位ビットの情報ビット系列を推定する第2の推定手段（第3の判定器22に相当）と、を備えることを特徴とする。

【0015】つぎの発明にかかる通信装置にあつては、誤り訂正符号として、ターボ符号を採用する受信機として動作し、さらに、受信信号から、2ビットの情報ビット系列と第1の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられる確率情報（ない場合も含む）と、を用いて、推定される情報ビットの確率情報を算出する第1の復号手段と、さらに、前記2ビットの情報ビット系列と第2の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、前記第1の復号手段からの確率情報と、を用いて、再度、推定情報ビットの確率情報を算出し、さらに、その結果を前記事前情報として前記第1の復号手段に通知する第2の復号手段と、繰り返し実行される、前記第1および第2の復号手段による確率情報の算出処理結果に基づいて、その都度、もとの下位2ビットの情報ビット系列を推定する第1の推定手段と、前記推定された情報ビット系列に対して誤り訂正符号を用いた

エラーチェックを行い、その推定精度が所定の基準を超えたと判断された段階で、前記繰り返し処理を終了させ、同時に、誤り訂正符号を用いて、前記推定されたもとの下位2ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行う誤り訂正手段と、前記受信信号における他の上位ビットを硬判定することにより、もとの上位ビットの情報ビット系列を推定する第2の推定手段と、を備えることを特徴とする。

【0016】つぎの発明にかかる通信装置において、前記誤り訂正手段にあつては、前記下位2ビットの情報ビット系列が推定される毎にエラーチェックを行い、推定された情報ビット系列に「エラーがない」と判断した段階で、前記繰り返し処理を終了させることを特徴とする。

【0017】つぎの発明にかかる通信装置において、前記誤り訂正手段にあつては、前記下位2ビットの情報ビット系列が推定される毎にエラーチェックを行い、前記第1の復号手段からの確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、前記第2の復号手段からの確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、の両方に「エラーがない」と判断した段階で、前記繰り返し処理を終了させることを特徴とする。

【0018】つぎの発明にかかる通信装置において、前記誤り訂正手段にあつては、予め決めておいた所定回数分だけ前記繰り返し処理を実行し、ビット誤り率を低減しておいてから、誤り訂正符号を用いて前記推定されたもとの下位2ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行うことを特徴とする。

【0019】つぎの発明にかかる通信装置にあつては、誤り訂正符号として、ターボ符号を採用する送信機として動作し、さらに、送信データにおける下位2ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記2ビットの情報ビット系列と、前記2ビットの情報ビット系列を入力とする第1の畳込み符号器に生成される第1の冗長ビット系列と、インタリーブ処理後の各情報ビット系列を入れ替えて入力する第2の畳込み符号器に生成される第2の冗長ビット系列と、を出力するターボ符号化手段、を備えることを特徴とする。

【0020】つぎの発明にかかる通信方法にあつては、誤り訂正符号として、ターボ符号を採用し、さらに、送信データにおける下位2ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記2ビットの情報ビット系列と、前記2ビットの情報ビット系列を入力とする第1の畳込み符号器に生成される第1の冗長ビット系列と、インタリーブ処理後の各情報ビット系列を入れ替えて入力する第2の畳込み符号器に生成される第2の冗長ビット系列と、を出力するターボ符号化ステップと、受信信号から、前記2ビットの情報ビット系列と前記第1の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられる確率情報（ない場合も含む）と、を用いて、

推定される情報ビットの確率情報を算出する第1の復号ステップと、さらに、前記2ビットの情報ビット系列と前記第2の冗長ビット系列とを抽出し、その抽出結果と、前記第1の復号手段からの確率情報と、を用いて、再度、推定情報ビットの確率情報を算出し、さらに、その結果を前記事前情報として前記第1の復号ステップに対してフィードバックする第2の復号ステップと、繰り返し実行される、前記第1および第2の復号ステップにおける確率情報の算出処理結果に基づいて、その都度、もとの下位2ビットの情報ビット系列を推定する第1の推定ステップと、前記推定された情報ビット系列に対して誤り訂正符号を用いたエラーチェックを行い、その推定精度が所定の基準を超えたと判断された段階で、前記繰り返し処理を終了させ、同時に、誤り訂正符号を用いて、前記推定されたもとの下位2ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行う誤り訂正ステップと、前記受信信号における他の上位ビットを硬判定することにより、もとの上位ビットの情報ビット系列を推定する第2の推定ステップと、を含むことを特徴とする。

【0021】つぎの発明にかかる通信方法において、前記誤り訂正ステップにあつては、前記下位2ビットの情報ビット系列が推定される毎にエラーチェックを行い、推定された情報ビット系列に「エラーがない」と判断した段階で、前記繰り返し処理を終了させることを特徴とする。

【0022】つぎの発明にかかる通信方法において、前記誤り訂正ステップにあつては、前記下位2ビットの情報ビット系列が推定される毎にエラーチェックを行い、前記第1の復号ステップによる確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、前記第2の復号ステップによる確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、の両方に「エラーがない」と判断した段階で、前記繰り返し処理を終了させることを特徴とする。

【0023】つぎの発明にかかる通信方法において、前記誤り訂正ステップにあつては、予め決めておいた所定回数分だけ前記繰り返し処理を実行し、ビット誤り率を低減しておいてから、誤り訂正符号を用いて前記推定されたもとの下位2ビットの情報ビット系列に対して誤り訂正を行うことを特徴とする。

【0024】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかる通信装置および通信方法の実施の形態を図面に基いて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0025】図1は、本発明にかかる通信装置で 사용되는符号器（ターボ符号器）、および復号器（ターボ復号器と硬判定器とR/S（リードソロモン符号）デコーダの組み合わせ）の構成を示す図であり、詳細には、図1（a）が本実施の形態における符号器の構成を示す図であり、図1（b）が本実施の形態における復号器の構

成を示す図である。本実施の形態における通信装置においては、上記符号器および復号器の両方の構成を備えることとし、高精度なデータの誤り訂正能力をもつことにより、データ通信および音声通信において優れた伝送特性を得る。なお、本実施の形態においては、説明の便宜上、上記両方の構成を備えることとしたが、たとえば、2つのうちの符号器だけを備える送信機を想定することとしてもよいし、一方、復号器だけを備える受信機を想定することとしてもよい。

10 【0026】また、図1（a）の符号器において、1は誤り訂正符号としてターボ符号を採用することによりシャノン限界に近い性能を得ることが可能なターボ符号器であり、たとえば、ターボ符号器1では、2ビットの情報ビットの入力に対して、2ビットの情報ビットと2ビットの冗長ビットとを出力し、さらに、ここでは、受信側において各情報ビットに対する訂正能力が均一になるように、各冗長ビットを生成する。

【0027】一方、図1（b）の復号器において、11は受信信号：Lcy（後述の受信信号：y2, y1, yaに相当）から対数尤度比を算出する第1の復号器であり、12および16は加算器であり、13および14はインタリバーであり、15は受信信号：Lcy（後述の受信信号：y2, y1, yaに相当）から対数尤度比を算出する第2の復号器であり、17はデインタリバーであり、18は第1の復号器15の出力を判定して元の情報ビット系列の推定値を出力する第1の判定器であり、19はリードソロモン符号を復号してより精度の高い情報ビット系列を出力する第1のR/Sデコーダであり、20は第2の復号器15の出力を判定して元の情報ビット系列の推定値を出力する第2の判定器であり、21はリードソロモン符号を復号してより精度の高い情報ビット系列を出力する第2のR/Sデコーダであり、22はLcy（後述の受信信号：y3, y4…に相当）を硬判定して元の情報ビット系列の推定値を出力する第3の判定器である。

【0028】ここで、上記符号器および復号器の動作を説明する前に、本発明にかかる通信装置の基本動作を図面に基いて簡単に説明する。たとえば、DMT（Discrete Multi Tone）変復調方式を用いて、データ通信を行う有線系デジタル通信方式としては、既設の電話回線を使用して数メガビット／秒の高速デジタル通信を行うADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）通信方式、およびHDSL（high-bit-rate Digital Subscriber Line）通信方式等のxDSL通信方式がある。なお、この方式は、ANSIのT1.413等において標準化されている。以降、本実施の形態の説明については、たとえば、上記ADSLに適応可能な通信装置を用いることとする。

【0029】図2は、本発明にかかる通信装置の送信系の構成を示す図である。図2において、送信系では、送

信データをマルチプレックス／シンクコントロール（図示のMUX/SYNC CONTROLに相当）41にて多重化し、多重化された送信データに対してサイクリックリダンダンシィチェック（CRC：Cyclic redundancy checkに相当）42、43にて誤り検出用コードを付加し、さらに、フォワードエラーコレクション（SCRAM&FECに相当）44、45にてFEC用コードの付加およびスクランブル処理を行う。

【0030】なお、マルチプレックス／シンクコントロール41から、トーンオーダリング49に至るまでには2つの経路があり、一つはインタリーブ（INTERLEAVE）46が含まれるインタリーブドデータバッファ（Interleaved Data Buffer）経路であり、もう一方はインタリーブを含まないファーストデータバッファ（Fast Data Buffer）経路であり、ここでは、インタリーブ処理を行うインタリーブドデータバッファ経路の方の遅延が大きくなる。

【0031】その後、送信データは、レートコンバータ（RATE-CONVERTORに相当）47、48にてレートコンバート処理を行い、トーンオーダリング（TONE ORDERRINGに相当）49にてトーンオーダリング処理を行う。そして、トーンオーダリング処理後の送信データに基づいて、コンスタレーションエンコーダ／ゲインスケール（CONSTELLATION AND GAIN SCALLNGに相当）50にてコンスタレーションデータを作成し、逆高速フーリエ変換部（IFFT：Inverse Fast Fourier transformに相当）51にて逆高速フーリエ変換を行う。

【0032】最後に、インプットパラレル／シリアルバッファ（INPUT PARALLEL/SERIAL BUFFERに相当）52にてフーリエ変換後のパラレルデータをシリアルデータに変換し、アナログプロセッシング／ディジタルーアナログコンバータ（ANALOG PROCESSING AND DACに相当）53にてディジタル波形をアナログ波形に変換し、フィルタリング処理を実行後、送信データを電話回線に送信する。

【0033】図3は、本発明にかかる通信装置の受信系の構成を示す図である。図3において、受信系では、受信データ（前述の送信データ）に対し、アナログプロセッシング／アナログーディジタルコンバータ（図示のANALOG PROCESSING AND ADCに相当）141にてフィルタリング処理を実行後、アナログ波形をディジタル波形に変換し、タイムドメインイコライザ（TEQに相当）142にて時間領域の適応等化処理を行う。

【0034】時間領域の適応等化処理が実行されたデータについては、インプットシリアル／パラレルバッファ（INPUT SERIAL / PARALLEL BUFFERに相当）143にてシリアルデータからパラレルデータに変換され、そのパラレルデータに対して高速フーリエ変換部（FFT：Fast Fourier transformに相当）144にて高速フーリエ変換を行い、その後、周波数ドメインイコライザ（FEQに

相当）145にて周波数領域の適応等化処理を行う。

【0035】そして、周波数領域の適応等化処理が実行されたデータについては、コンスタレーションデコーダ／ゲインスケール（CONSTELLATION DECODER AND GAIN SCALLNGに相当）146およびトーンオーダリング（TONE ORDERRINGに相当）147にて行われる復号処理（最尤復号法）およびトーンオーダリング処理により、シリアルデータに変換される。その後、レートコンバータ（RATE-CONVERTORに相当）148、149によるレートコンバート処理、デインタリーブ（DEINTERLEAVEに相当）150によるデインタリーブ処理、フォワードエラーコレクション（DESCRAM&FECに相当）151、152によるFEC処理およびデスクランブル処理、およびサイクリックリダンダンシィチェック（cyclic redundancy checkに相当）153、154による巡回冗長検査等の処理が行われ、最終的にマルチプレックス／シンクコントロール（MUX/SYNC CONTROLに相当）155から受信データが再生される。

【0036】上記に示すような通信装置においては、受信系と送信系においてそれぞれ2つの経路を備え、この2つの経路を使い分けることにより、またはこの2つの経路を同時に動作させることにより、低伝送遅延および高レートのデータ通信を実現可能としている。

【0037】なお、上記のように構成される通信装置においては、図1（a）に示す符号器が、上記送信系におけるコンスタレーションエンコーダ／ゲインスケール50に位置付けられ、図1（b）に示す復号器が、上記受信系におけるコンスタレーションデコーダ／ゲインスケール146に位置付けられる。

【0038】以下、本実施の形態における符号器（送信系）および復号器（受信系）の動作を図面にしたがって詳細に説明する。まず、図1（a）に示す符号器の動作について説明する。なお、本実施の形態では、多値直交振幅変調（QAM：Quadrature Amplitude Modulation）として、たとえば、16QAM方式を採用する。また、本実施の形態の符号器においては、すべての入力データに対してターボ符号化を実行する従来技術と異なり、図1（a）に示すように、下位2ビットの入力データに対してターボ符号化を実施し、他の上位ビットについては入力データをそのままの状態で出力する。

【0039】ここで、下位2ビットの入力データについてのみターボ符号化を実行する理由を説明する。図4は、各種ディジタル変調の信号点配置を示す図であり、詳細には、図4（a）が4相PSK（Phase Shift Keying）方式の信号点配置であり、（b）が16QAM方式の信号点配置であり、（c）が64QAM方式の信号点配置である。

【0040】たとえば、上記すべての変調方式の信号点配置において、受信信号点がaまたはbの位置である場合、通常、受信側では、軟判定により情報ビット系列

(送信データ)として最も確からしいデータを推定する。すなわち、受信信号点との距離が最も近い信号点を送信データとして判定することになる。しかしながら、このとき、たとえば、図4の受信信号点aおよびbに着目すると、いずれの場合(図4(a)(b)(c)に相当)においても、受信信号点に最も近い4点の下位2ビットが、(0, 0)(0, 1)(1, 0)(1, 1)であることがわかる。そこで、本実施の形態においては、特性が劣化する可能性のある4つの信号点(すなわち、信号点間距離が最も近い4点)の下位2ビットに対して、優れた誤り訂正能力をもつターボ符号化を実施し、受信側で軟判定を行う。一方、特性が劣化する可能性の低いその他の上位ビットについては、そのままの状態で出力し、受信側で硬判定を行う構成とした。

【0041】これにより、本実施の形態においては、多値化に伴って劣化する可能性のある特性を向上させることができ、さらに、送信信号の下位2ビットに対してのみターボ符号化を実施するため、すべてのビットをターボ符号化の対象とする従来技術と比較して、演算量を大幅に削減することができる。

【0042】続いて、入力された下位2ビットの送信データ:  $u_1$ ,  $u_2$ に対してターボ符号化を実施する、図1(a)に示すターボ符号器1の動作について説明する。図5は、ターボ符号器1の回路構成を示す図である。図5において、31は第1の再帰的組織畳込み符号化器であり、32および33は、インタリーブであり、34は第2の再帰的組織畳込み符号化器である。ターボ符号器1では、同時に、情報系列に相当する送信データ:  $u_1$ ,  $u_2$ と、第1の再帰的組織畳込み符号化器31の処理により前記送信データを符号化した冗長データ:  $u_a$ と、第2の再帰的組織畳込み符号化器34の処理によりインタリーブ処理後の送信データを符号化した(他のデータとは時刻の異なる)冗長データ:  $u_b$ と、を出力する。

【0043】また、通常、既知のターボ符号器においては、たとえば、送信データ:  $u_2$ を、第1の再帰的組織畳込み符号化器31と第2の再帰的組織畳込み符号化器34における、それぞれの前段の加算器60, 62に投入し、一方の送信データ:  $u_1$ を、第1の再帰的組織畳込み符号化器31と第2の再帰的組織畳込み符号化器34における、それぞれの後段の加算器61, 63に投入し、各符号化器の出力として、冗長データ:  $u_a$ ,  $u_b$ を出力する。しかしながら、このようなターボ符号器においては、送信データ:  $u_1$ と $u_2$ との間で遅延器の数異なり、冗長ビットにおける重みに偏りが発生するため、冗長データ:  $u_a$ ,  $u_b$ を用いた受信側での送信データ:  $u_1$ と $u_2$ の推定精度が、均一にならない、という問題があった。

【0044】そこで、本実施の形態においては、送信データ:  $u_1$ と $u_2$ の推定精度を均一化するために、たとえ

ば、送信データ:  $u_2$ を、第1の再帰的組織畳込み符号化器31における前段の加算器60に投入し、インタリーブ実施後の送信データ:  $u_2$ を、第2の再帰的組織畳込み符号化器34における後段の加算器63に投入し、さらに、一方の送信データ:  $u_1$ を、第1の再帰的組織畳込み符号化器31における後段の加算器61に投入し、インタリーブ実施後の送信データ:  $u_1$ を、第2の再帰的組織畳込み符号化器34における前段の加算器62に投入する。

10 【0045】このように、本実施の形態においては、インタリーブの効果として、バースト的なデータの誤りに対して誤り訂正能力を向上させることが可能となり、さらに、送信データ:  $u_1$ と $u_2$ の投入を、第1の再帰的組織畳込み符号化器31と第2の再帰的組織畳込み符号化器34との間で入れ替えることにより、受信側による送信データ:  $u_1$ と $u_2$ の推定精度を均一化することが可能となる。

【0046】つぎに、図1(b)に示す復号器の動作について説明する。なお、本実施の形態では、多値直交振幅変調(QAM)として、たとえば、16QAM方式を採用する場合について説明する。また、本実施の形態の復号器においては、受信データの下位2ビットに対してターボ復号を実施し、軟判定により元の送信データを推定し、他の上位ビットについては、受信データを第3の判定器22で硬判定することにより、元の送信データを推定する。ただし、受信信号 $Lcy: y_4, y_3, y_2, y_1, y_a, y_b$ は、それぞれ前記送信側の出力:  $u_4, u_3, u_2, u_1, u_a, u_b$ に伝送路のノイズやフェージングの影響を与えた信号である。

20 【0047】まず、受信信号 $Lcy: y_2, y_1, y_a, y_b$ を受け取ったターボ復号器では、まず、第1の復号器11が、受信信号 $Lcy: y_2, y_1, y_a$ を抽出し、これらの受信信号から推定される情報ビット(元の送信データ:  $u_{1k}, u_{2k}$ に相当):  $u_{1k}', u_{2k}'$ の対数尤度比:  $L(u_{1k}'), L(u_{2k}')$ を算出する( $k$ は時刻を表す)。なお、対数尤度比を算出する復号器としては、たとえば、既知の最大事後確率復号器(MAPアルゴリズム: Maximum A-Posteriori)が用いられることが多いが、たとえば、既知のビタビ復号器を用いることとしてもよい。

【0048】このとき、対数尤度比:  $L(u_{1k}'), L(u_{2k}')$ は、以下のように表すことができる。

【数2】

$$L(u_{1k}') = L_{cy} + La(u_{1k}) + Le(u_{1k})$$

$$= L_n \frac{\Pr(u_{1k}=1|Lcy)}{\Pr(u_{1k}=0|Lcy)} \dots \dots (3)$$

【0049】

30 【数3】



$$L(u_{2k}) = L_{cy} + L_a(u_{2k}) + L_e(u_{2k})$$

$$= L_n \frac{\Pr(u_{2k}=1 | \{L_{cy}\})}{\Pr(u_{2k}=0 | \{L_{cy}\})} \dots \dots (4)$$

なお、本実施の形態において、 $L_e(u_{1k})$ 、 $L_e(u_{2k})$ は外部情報を表し、 $L_a(u_{1k})$ 、 $L_a(u_{2k})$ は1つ前の外部情報である事前情報を表し、 $\Pr(u_{1k}=1 | \{L_{cy}\})$ は、受信信号 $L_{cy}: y_2, y_1, y_a$ を受け取った条件で、実際に送信された情報ビット： $u_{1k}$ が1である事後確率を表し、 $\Pr(u_{1k}=0 | \{L_{cy}\})$ は、 $u_{1k}$ が0である事後確率を表し、 $\Pr(u_{2k} *$

$$L_e(u_{1k}) = L(u_{1k}') - L_{cy} - L_a(u_{1k}) \dots (5)$$

$$L_e(u_{2k}) = L(u_{2k}') - L_{cy} - L_a(u_{2k}) \dots (6)$$

ただし、1回目の復号においては、事前情報が求められていないため、 $L_a(u_{1k})=0$ 、 $L_a(u_{2k})=0$ である。

【0051】つぎに、インタリーブ13および14では、受信信号 $L_{cy}$ と外部情報： $L_e(u_{1k})$ 、 $L_e(u_{2k})$ に対して信号の並べ替えを行う。そして、第2の復号器15では、第1の復号器11と同様に、受信信号 $L_{cy}$ 、および先に算出しておいた事前情報： $L_a(u_{1k})$ 、 $L_a(u_{2k})$ に基づいて、(3)(4)式による対数尤度比： $L(u_{1k}')$ 、 $L(u_{2k}')$ を算出する。なお、ここでは、 $\Pr(u_{1k}=1 | \{L_{cy}\})$ は、受信信号 $L_{cy}: y_2, y_1, y_b$ を受け取った条件で、実際に送信された情報ビット： $u_{1k}$ が1である事後確率を表し、 $\Pr(u_{1k}=0 | \{L_{cy}\})$ は、 $u_{1k}$ が0である事後確率を表し、 $\Pr(u_{2k}=1 | \{L_{cy}\})$ は、受信信号 $L_{cy}: y_2, y_1, y_b$ を受け取った条件で、実際に送信された情報ビット： $u_{2k}$ が1である事後確率を表し、 $\Pr(u_{2k}=0 | \{L_{cy}\})$ は、 $u_{2k}$ が0である事後確率を表す。

【0052】その後、加算器16では、加算器12と同様に、(5)(6)式を用いて、外部情報： $L_e(u_{1k})$ 、 $L_e(u_{2k})$ を算出する。このとき、デインタリーブ17にて並べ替えられた外部情報は、事前情報： $L_a(u_{1k})$ 、 $L_a(u_{2k})$ として、前記第1の復号器11にフィードバックされる。

【0053】そして、上記ターボ復号器では、上記処理を、所定の回数(イテレーション回数)にわたって繰り返し実行することにより、より精度の高い対数尤度比を算出し、そして、第1の判定器18および第2の判定器20が、この対数尤度比に基づいて信号の判定を行い、もとの送信データを推定する。具体的にいうと、たとえば、対数尤度比が“ $L(u_{1k}') > 0$ ”であれば、推定情報ビット： $u_{1k}'$ を1と判定し、“ $L(u_{1k}') \leq 0$ ”であれば、推定情報ビット： $u_{1k}'$ を0と判定し、同様に、対数尤度比が“ $L(u_{2k}') > 0$ ”であれば、推定情報ビット： $u_{2k}'$ を1と判定し、“ $L(u_{2k}') \leq 0$ ”であれば、推定情報ビット： $u_{2k}'$ を0と判定する。

\* $=1 | \{L_{cy}\}$ )は、受信信号 $L_{cy}: y_2, y_1, y_a$ を受け取った条件で、実際に送信された情報ビット： $u_{2k}$ が1である事後確率を表し、 $\Pr(u_{2k}=0 | \{L_{cy}\})$ は、 $u_{2k}$ が0である事後確率を表す。すなわち、(3)(4)式では、 $u_{2k}$ が0である確率に対する $u_{2k}$ が1である確率と、 $u_{1k}$ が0である確率に対する $u_{1k}$ が1である確率と、を求めることとなる。

【0050】つぎに、加算器12では、前記算出結果である対数尤度比から、第2の復号器15に対する外部情報を算出する。外部情報： $L_e(u_{1k})$ 、 $L_e(u_{2k})$ は、上記(3)(4)式に基づいて、以下のように表すことができる。

【0054】最後に、第1のR/Sデコーダ19および第2のR/Sデコーダ21では、所定の方法でリードソロモン符号を用いたエラーのチェックを行い、推定精度がある特定の基準を超えたと判断された段階で上記繰り返し処理を終了させる。そして、リードソロモン符号を用いて、各判定器にて前記推定されたもとの送信データの誤り訂正を行い、より推定精度の高い送信データを出力する。

【0055】ここで、第1のR/Sデコーダ19および第2のR/Sデコーダ21によるもとの送信データの推定方法を具体例にしたがって説明する。ここでは、具体例として、3つの方法をあげる。第1の方法としては、たとえば、第1の判定器18または第2の判定器20にてもとの送信データが推定される毎に、対応する第1のR/Sデコーダ19、または第2のR/Sデコーダ21が、交互にエラーのチェックを行い、いずれか一方のR/Sデコーダが「エラーがない」と判断した段階でターボ符号器による上記繰り返し処理を終了させ、そして、リードソロモン符号を用いて前記推定されたもとの送信データの誤り訂正を行い、より推定精度の高い送信データを出力する。

【0056】また、第2の方法としては、第1の判定器18または第2の判定器20にてもとの送信データが推定される毎に、対応する第1のR/Sデコーダ19、または第2のR/Sデコーダ21が、交互にエラーのチェックを行い、両方のR/Sデコーダが「エラーがない」と判断した段階でターボ符号器による上記繰り返し処理を終了させ、そして、リードソロモン符号を用いて前記推定されたもとの送信データの誤り訂正を行い、より推定精度の高い送信データを出力する。

【0057】また、第3の方法としては、上記第1および第2の方法にて誤って「エラーがない」と判断され、繰り返し処理が実施されなかった場合に誤訂正をしてし

まうという問題を改善し、たとえば、予め決めておいた所定回数分の繰返し処理を実施し、ある程度、ビット誤り率を低減しておいてから、リードソロモン符号を用いて前記推定されたもとの送信データの誤り訂正を行い、より推定精度の高い送信データを出力する。

【0058】このように、本実施の形態においては、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、特性劣化の可能性がある受信信号の下位2ビットに対する軟判定処理とリードソロモン符号による誤り訂正とを実施するターボ復号器と、受信信号におけるその他のビットに対して硬判定を行う判定器と、を備えることにより、計算量の多い軟判定処理の削減と、良好な伝送特性と、を実現することが可能となる。

【0059】また、本実施の形態においては、第1のR/Sデコーダ19および第2のR/Sデコーダ21を用いて送信データを推定することにより、イテレーション回数を低減することができ、計算量の多い軟判定処理およびその処理時間をさらに削減することが可能となる。なお、本実施の形態のようなランダム誤りとバースト誤りが混在するような伝送路においては、シンボル単位での誤り訂正を行うR-S符号(リードソロモン)や他の既知の誤り訂正符号等との併用により、優れた伝送特性を得ることができる。

【0060】以上、本実施の形態においては、上記ターボ符号器1と上記ターボ復号器とを備えることにより、マルチキャリア変復調方式を用いた通信に適用可能とし、さらに、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、演算量および演算処理時間の削減と、良好な伝送特性と、を実現可能とする。なお、本実施の形態においては、変調方式として、16QAM方式を一例として説明を行ったが、これに限らず、その他の変調方式(256QAM等)を用いた場合においても、同様の効果を得ることができる。

【0061】

【発明の効果】以上、説明したとおり、本発明によれば、ターボ符号化手段を含む送信機の構成と、各復号手段を含む受信機の構成と、を備えることにより、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大するような場合においても、演算量および演算処理時間の削減と、良好な伝送特性と、を実現可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

【0062】つぎの発明によれば、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、特性劣化の可能性がある受信信号の下位2ビットに対する軟判定処理を実施する第1の推定手段と、リードソロモン符号による誤り訂正を実施する誤り訂正手段と、受信信号におけるその他のビットに対して硬判定処理を実施する第2の推定手段と、を備えることにより、計算量の多い軟判定処理の削減と、良好な伝送特性と、を実現することが可能な通信装置を得ることができる、という

効果を奏する。

【0063】つぎの発明によれば、誤り訂正手段が、先に推定された情報ビット系列に対して「エラーがない」と判断した段階で、ターボ復号における繰返し処理を終了させるため、イテレーション回数を低減することができ、計算量の多い軟判定処理およびその処理時間をさらに削減することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

【0064】つぎの発明によれば、誤り訂正手段が、第1の復号手段からの確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、第2の復号手段からの確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、の両方に対して「エラーがない」と判断した段階で、ターボ復号における繰返し処理を終了させるため、計算量の多い軟判定処理およびその処理時間を削減することが可能となり、さらに、より情報ビットの推定精度を向上可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

【0065】つぎの発明によれば、誤り訂正手段が、予め決めておいた所定回数分だけ繰返し処理を実行させるため、イテレーション回数を低減することができ、計算量の多い軟判定処理およびその処理時間をさらに削減することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

【0066】つぎの発明によれば、多値化に伴って劣化する可能性のある特性を向上させることができ、さらに、送信信号の下位2ビットに対してのみターボ符号化を実施するため、すべてのビットをターボ符号化の対象とする従来技術と比較して、演算量を大幅に削減することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。また、インタリーブの効果として、バースト的なデータの誤りに対して誤り訂正能力を向上させることが可能となり、さらに、情報ビットの入力を、第1の畳込み符号器と第2の畳込み符号器との間で入れ替えることにより、受信側による情報ビットの推定精度を均一化することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

【0067】つぎの発明によれば、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大するような場合においても、演算量および演算処理時間の削減と、良好な伝送特性と、を実現可能な通信方法を得ることができる、という効果を奏する。

【0068】つぎの発明によれば、誤り訂正ステップにて、先に推定された情報ビット系列に対して「エラーがない」と判断した段階で、ターボ復号における繰返し処理を終了させるため、イテレーション回数を低減することができ、計算量の多い軟判定処理およびその処理時間をさらに削減することが可能な通信方法を得ることができる、という効果を奏する。

【0069】つぎの発明によれば、誤り訂正ステップにて、第1の復号ステップによる確率情報に基づいて推定

19

された情報ビット系列と、第2の復号ステップによる確率情報に基づいて推定された情報ビット系列と、の両方に対して「エラーがない」と判断した段階で、ターボ復号における繰り返し処理を終了させるため、計算量の多い軟判定処理およびその処理時間を削減することが可能となり、さらに、より情報ビットの推定精度を向上可能な通信方法を得ることができる、という効果を奏する。

【0070】つぎの発明によれば、誤り訂正ステップにて、予め決めておいた所定回数分だけ繰り返し処理を実行させるため、イテレーション回数を低減することができ、計算量の多い軟判定処理およびその処理時間をさらに削減することが可能な通信方法を得ることができる、という効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる通信装置で使用する符号器および復号器の構成を示す図である。

【図2】 本発明にかかる通信装置の送信系の構成を示す図である。

【図3】 本発明にかかる通信装置の受信系の構成を示す図である。

【図4】 各種デジタル変調の信号点配置を示す図である。

【図5】 ターボ符号器1の回路構成を示す図である。

【図6】 従来のターボ符号器の構成を示す図である。

【図7】 従来のターボ復号器の構成を示す図である。

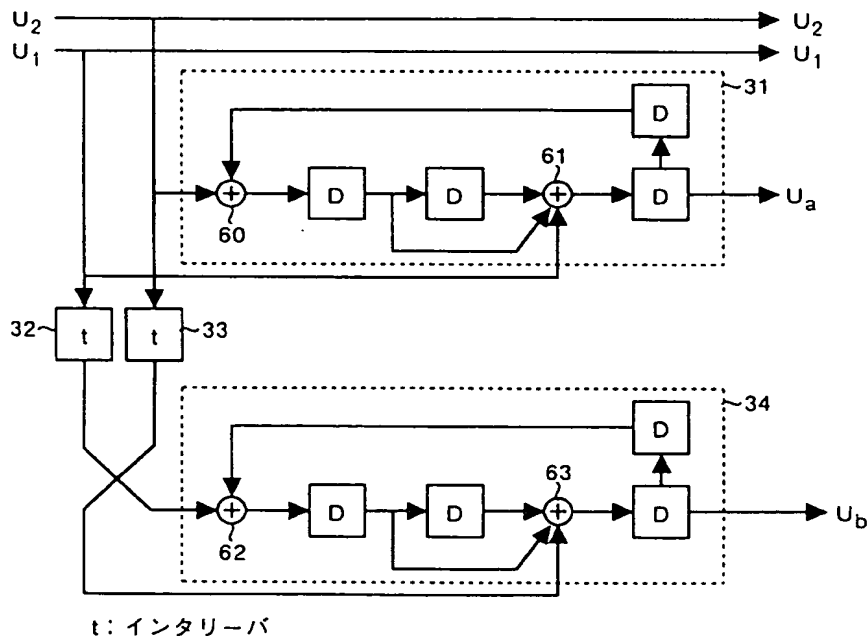
#### 【符号の説明】

1 ターボ符号器、11 第1の復号器、12、16、

20

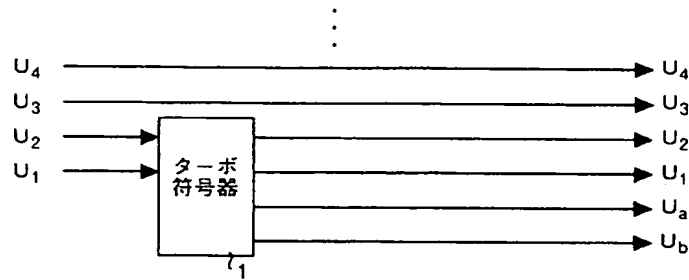
60、61、62、63 加算器、13、14、32、33 インタリイバ、15 第2の復号器、17 デインタリイバ、18 第1の判定器、19 第1のR/Sデコーダ、20 第2の判定器、21 第2のR/Sデコーダ、22 第3の判定器、31 第1の再帰的組織畳込み符号化器、34 第2の再帰的組織畳込み符号化器、41 マルチプレックス/シンクコントロール、42、43 サイクリックリダンダンシィチェック (CRC)、44、45 フォワードエラーコレクション (FEC)、46 インタリイバ、47、48 レートコンバータ、49 トーンオーダリング、50 コンステレーションエンコーダ/ゲインスケール、51 逆高速フーリエ変換部 (IFFT)、52 インพุットパラレル/シリアルバッファ、53 アナログプロセッシング/ディジタル-アナログコンバータ、141 アナログプロセッシング/アナログ-ディジタルコンバータ、142 タイムドメインイコライザ (TEC)、143 インพุットシリアル/パラレルバッファ、144 高速フーリエ変換部 (FFT)、145 周波数ドメインイコライザ (FEC)、146 コンステレーションエンコーダ/ゲインスケール、147 トーンオーダリング、148、149 レートコンバータ、150 デインタリイバ、151、152 フォワードエラーコレクション、153、154 サイクリックリダンダンシィチェック (CRC)、155 マルチプレックス/シンクコントロール。

【図5】

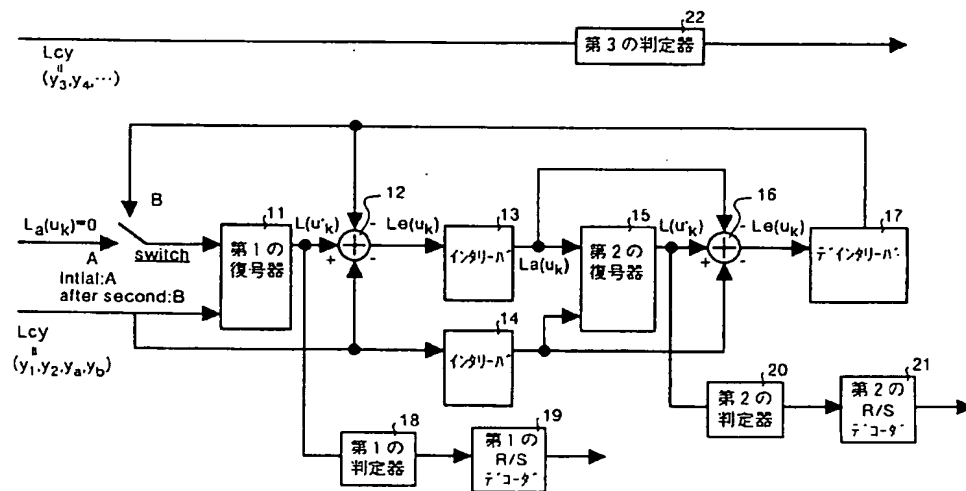


【図1】

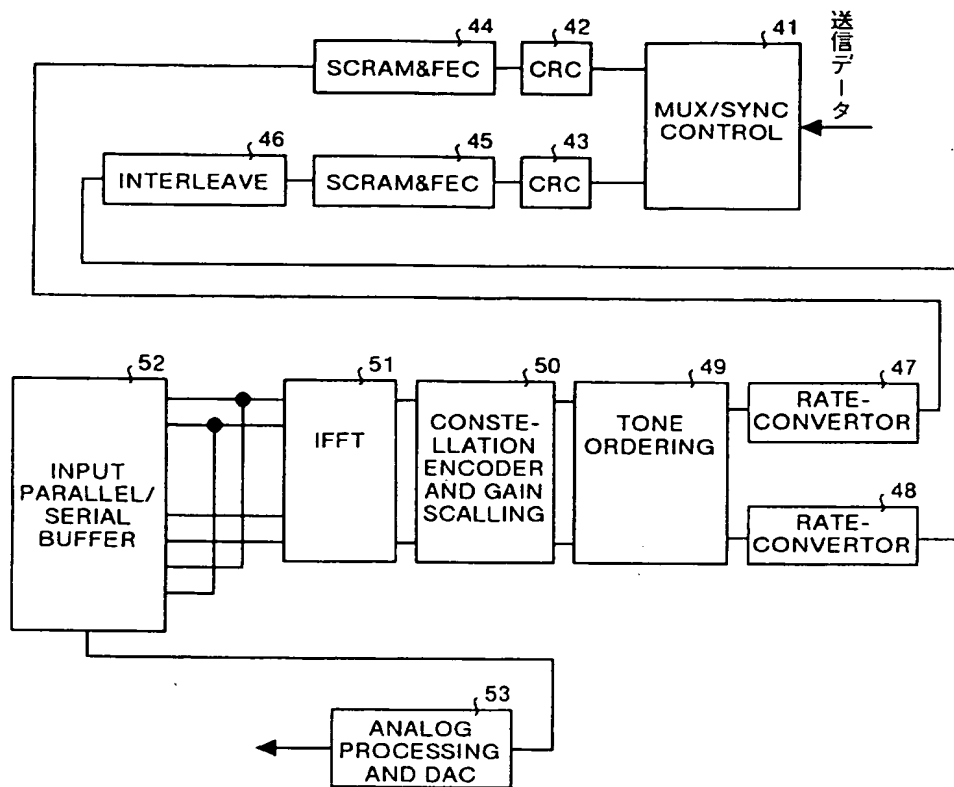
(a)



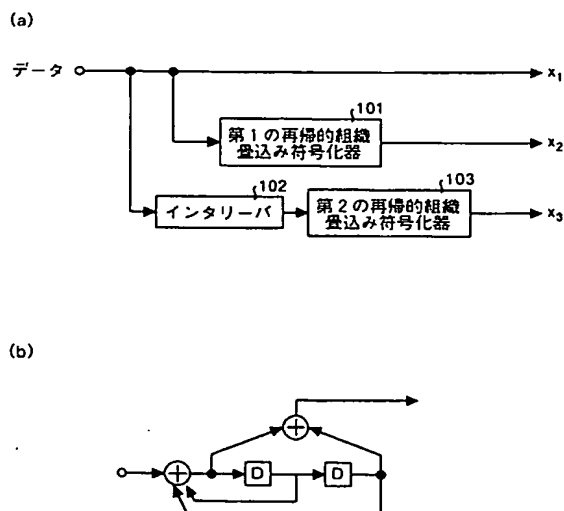
(b)



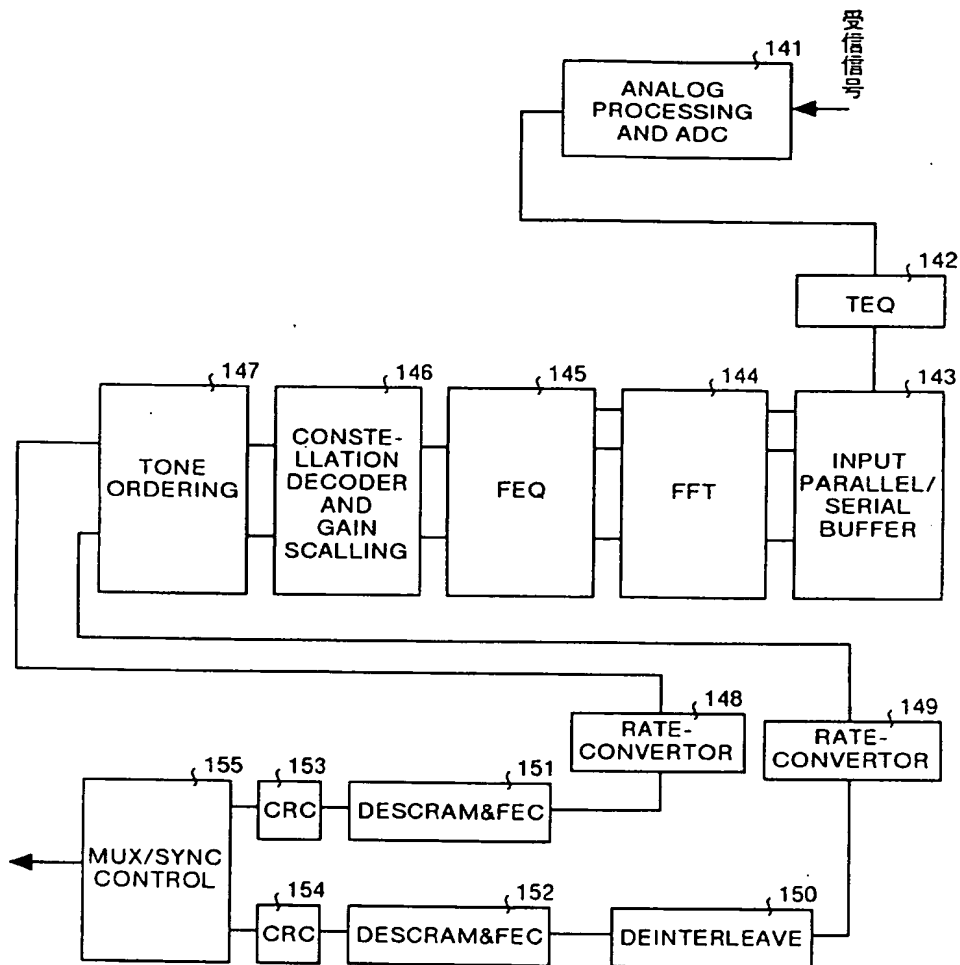
【図2】



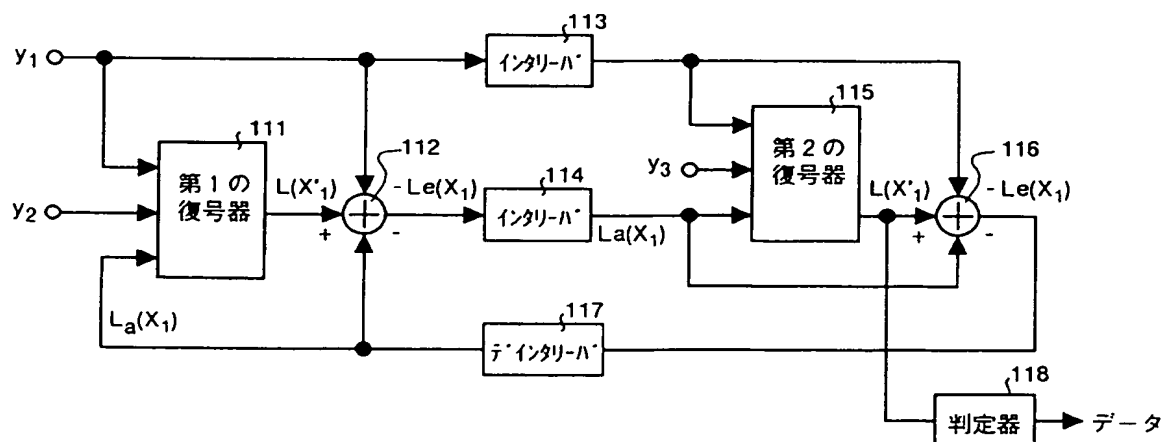
【図6】



【図3】

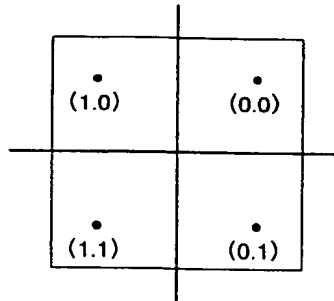


【図7】

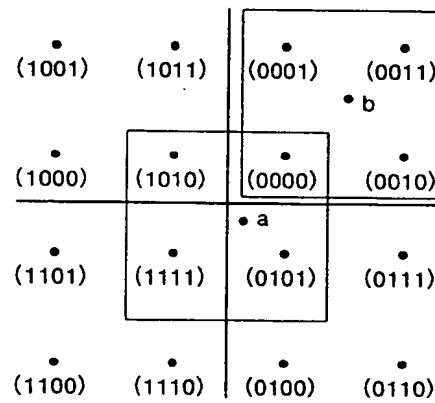


【図4】

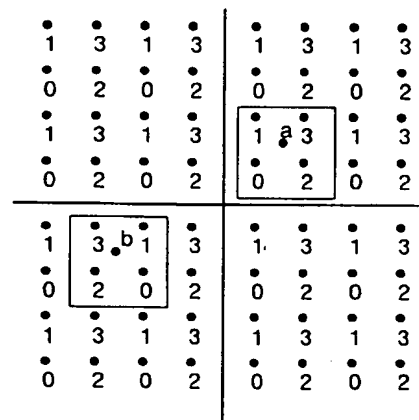
(a)



(b)



(c)



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J065 AB04 AB05 AC02 AD04 AD11  
AE06 AF01 AG06 AH02 AH07  
5K051 AA02 AA03 BB02 CC02 DD01  
DD13 EE01 EE02 EE06 HH16  
HH17 HH26 JJ12 JJ13